

***В. В. Самойленко***<sup>\*</sup>

Открытое акционерное общество «Композит», г. Москва

<sup>\*</sup> *rubanova-v@bk.ru*,

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *С. В. Бухаров*

## ПРОШИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ 3-МЕРНЫХ КАРКАСОВ УУКМ

В данной работе рассматривается усовершенствованная tufting-технология, которая позволяет дополнительно уплотнить пакет-заготовку для армирования УУКМ путем трансверсальной прошивки, с целью изготовления 3-мерных волокнистых каркасов.

*Ключевые слова:* прошивная технология, УУКМ, 3-мерные каркасы, армирование, композиционные материалы.

***V. V. Samoylenko***

## PIERCING TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF 3-DIMENSIONAL SKELETONS OF CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIAL

In this paper, we consider an advanced tufting technology that allows us to further compact the billet package for reinforcing the carbon-carbon composite material by transversal flashing, in order to produce 3 dimensional fibrous frames.

*Keywords:* piercing technology, carbon-carbon composite material, 3-dimensional skeletons, reinforcement, composite materials.

В настоящее время в области производства и изготовления УУКМ для армирования пакета-заготовки чаще всего применяется стержневая технология, но данная технология является дорогостоящей и трудоемкой. А также последнее время не может обеспечить получение материалов с требуемыми характеристиками.

В зависимости от требований к производимому материалу используют различные виды армирования, например, из переплетенных нитей используют двунаправленную (2D) ткань (характеризующуюся количеством филаментов в нити, размером пучка, шагом и количеством нитей, видом плетения и плотностью укладки нитей). В случае необходимости схема армирования меняется от двунаправленной (2D) к трехнаправленной (3D) ткани, варьируется количество и тип волокна в армирующих элементах изделий. Вследствие этого получаемый конструкционный композиционный материал выдерживает расчётные нагрузки.

Одной из простых многонаправленных систем является система в трёх взаимно перпендикулярных направлениях нитей (3D). В момент формирования объёмного (3D) каркаса толщина нити может варьироваться в зависимости от плотности связки ниток.

Современные технологии позволяют получать объёмные каркасы различных геометрических форм, а также производить моноизделия сочетающие в себе сложные геометрические фигуры, такие как, например, цилиндр с полусферическим куполом, призма с куполом в виде конуса.

В данной работе рассматривается усовершенствованная tufting-технология, которая позволяет дополнительно уплотнить пакет-заготовку для армирования УУКМ путем трансверсальной прошивки. Дополнительное уплотнение, возможное до толщины 200 мм, необходимо для получения композиционного материала с большей плотностью. Для этих целей используется специальный набор прошивных игл, разработана специальная оснастка и приспособления для получения образцов преформ с 3D схемы армирования, имеющих разную плотность за счет варьирования шага и толщины нити. В качестве ткани была выбрана УТ-900, а в качестве прошивной нити УТН-5000. В подобных технологиях при исследовании технологии изготовления преформ установлено повреждение углеродного волокна в прошивной нити и тканевом пакете, которое усугубляется при уменьшении шага прошивки, толщины тканевого пакета и прошивной нити, и её расположение в периферийной области пакета, а также усилия протягивания нити через пакет.

Для исследования были выбраны стандартные методы оценки истираемости нитей при ткацких технологиях, а также нестандартные методы оценки прочности моноволокна, разрыва пучка нитей и испытаний микропластика. Структурными методами (микроскопия) проведена оценка количества новых разрывов элементарных волокон, также рассмотрен вопрос изменения угла смачивания поверхности волокон прошивной нити.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сказать, что проблемными вопросами в данной технологии являются вопросы снижения коэффициента трения и уменьшения истираемости нити, для сохранения прочностных свойств 3D волокнистых преформ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлин Ю. А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / Ю. А. Михайлин. Санкт-Петербург : Профессия, 2006. 624 с.
2. Макаллистер Л. Многонаправленные углерод-углеродные композиты // Прикладная механика композитов / Л. Макаллистер, У. Лакман. Москва : Мир, 1989. С. 226–294.
3. Бушуев Ю. Г. Углерод-углеродные композиционные материалы: справочник / Ю. Г. Бушуев, М. И. Персии, В. А. Соколов. Москва : Металлургия, 1994. 128 с.